·论著·

眼动追踪的动态任务评估脑卒中后单侧空间忽略的价值研究

杨宇轩[1]，张晗[1]，杜娟[1]，王玲玲[2]，谢玉磊[2]，尹开明[1]，张波[1*]

【摘要】 **背景** 单侧空间忽略（USN）是脑卒中后常见的认知障碍之一，严重影响患者的功能恢复和生活质量。因此，客观地评估对于促进患者功能恢复至关重要。**目的** 探究基于眼动追踪的动态任务评估亚急性期脑卒中患者 USN 的可行性。**方法** 选取 2021 年 9 月至 2022 年 7 月在南充市中心医院康复医学科招募 30 例脑卒中后亚急性期住院患者为研究对象。采用行为不集中测试的常规分项（BIT-C）、凯瑟琳波哥量表（CBS）以及基于眼动追踪的动态任务评估患者 USN 情况，入院 1 周内完成，并记录评估过程中的不良反应。CBS 得分 >0 分被诊断为 USN。BIT-C 总分 <129 分被诊断为 USN。基于眼动追踪的动态任务评估过程共计 2 min，根据患者注视点的空间分布情况将患者分为：非 USN 患者（注视点分布于 4 个区域），USN 患者（注视点未分布于 4 个区域），由两名专业的康复治疗师完成患者的临床量表评估和基于眼动追踪的动态任务评估。对 3 项评估结果进行相关性分析和一致性分析。**结果** 基于眼动追踪的动态任务评估结果显示，30 例患者中有 14 例患者为左侧 USN 患者，16 例患者为非 USN 患者。USN 患者在右侧屏幕注视点占比高于非 UNS 患者（$Z=-4.776$，$P<0.001$）；USN 患者左右侧屏幕间注视点占比比较（$Z=-3.49$，$P<0.001$）。BIT-C 评估结果显示，15 例患者 BIT-C 总分 <129 分，被诊断为 USN 患者，余下 15 例为非 USN 患者。CBS 评估结果显示，16 例患者存在不同程度的 USN，其余 14 例为非 USN 患者。BIT-C 和基于眼动追踪的动态任务在评估 USN 患者的检出情况上高度一致（$Kappa=0.933$，$P<0.001$）；Spearman 秩相关分析结果显示，患者右侧注视点占比与 BIT-C 总分呈负相关（$r_s=-0.776$，$P<0.001$）。CBS 和基于眼动追踪的动态任务在评估 USN 患者的检出情况上有较高的一致性（$Kappa=0.867$，$P<0.001$）。**结论** 基于眼动追踪的动态任务评估 USN 是可行的，其评估结果与 BIT-C 和 CBS 评估结果具有较高的一致性，且评估过程耗时较少，患者参与度高、积极性强，可以作为标准 USN 评估的一种补充。

【关键词】 卒中；单侧空间忽略；眼动追踪；动态任务；可行性研究；Kappa 值

【中图分类号】 R 743 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0791

杨宇轩，张晗，杜娟，等. 眼动追踪的动态任务评估脑卒中后单侧空间忽略的价值研究［J］. 中国全科医学，2023.［Epub ahead of print］.［www.chinagp.net］

YANG Y X，ZHANG H，DU J，et al. Value of an dynamic eye-tracking task in assessing unilateral spatial neglect after stroke［J］. Chinese General Practice，2023.［Epub ahead of print］.

Value of an Dynamic Eye-tracking Task in Assessing Unilateral Spatial Neglect after Stroke

YANG Yuxuan[1]，ZHANG Han[1]，DU Juan[1]，WANG Lingling[2]，XIE Yulei[2]，YIN Kaiming[1]，ZHANG Bo[1]*

1.Department of Rehabilitation Medicine，the Second Clinical Medical School of North Sichuan Medical College/Nanchong Central Hospital，Nanchong 637000，China

2.Department of Rehabilitation Medicine，Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College，Nanchong637000，China

[*]Corresponding author：ZHANG Bo，Chief physician；E-mail：79915726@qq.com

【Abstract】 **Background** Unilateral spatial neglect （USN） is a common post-stroke cognitive impairment that severely affects the functional recovery and quality of life of patients. Therefore，objective assessment of USN is essential to facilitate patients' functional recovery. **Objective** To investigate the feasibility of using adynamic eye-tracking task to assess USN in sub acute stroke patients. **Methods** Thirty inpatients in the sub acute phase after stroke in Department of Rehabilitation Medicine，Nanchong Central Hospital were recruited from September 2021 to July 2022.USN was assessed using the Behavioral Inattention Test-Conventional （BIT-C），Catherine Bergego Scale （CBS），and a two-minute dynamic eye-tracking

1.637000 四川省南充市，川北医学院第二临床医学院·南充市中心医院康复医学科
2.637000 四川省南充市，川北医学院附属医院康复医学科
[*]通信作者：张波，主任医师；E-mail：79915726@qq.com
本文数字出版日期：2023-03-28

task within one week of admission by two professional rehabilitation therapists, and adverse effects during the assessment were recorded.USN was diagnosed by a CBS score >0, a total BIT-C score <129, or gaze points distributed outside the four screen zones (gaze points distributed within the four screen zones were defined as non-USN).Correlation and consistency analyses were used to evaluate the results of the three assessments. **Results** In accordance with the performance assessment in conducting the dynamic eye-tracking task, 14 patients had left-sided neglect, and theother16 had no USN.USN patients had a higher percentage of gaze points on the right side of the screen than non-USN patients (Z=-4.776, P<0.001).There was a significant difference in percentages of gaze points on the left and right side of the screen in USN patients (Z=-3.49, P<0.001). By BIT-C assessment, 15 patients were diagnosed with USN, and the remaining 15 patients had no USN. CBS assessment revealed that 16 patients had varying degrees of USN, and the remaining 14 were non-USN patients. The BIT-C and dynamic eye-tracking task were highly consistent in the assessment of USN ($Kappa$=0.933, P<0.001).Spearman's rank correlation analysis revealed a negative correlation between the percentage of gaze points on the right side of the screen and the total BIT-C score (r_s=-0.776, P<0.001). The CBS and dynamic eye-tracking task had good agreement on the assessment of USN ($Kappa$=0.867, P<0.001). **Conclusion** It is feasible to use the dynamic eye-tracking task to assess USN, because it is less time-consuming, with high level of patient participation and motivation, and there is a good consistency between the results assessed by it and BIT-C or CBS. Therefore, it can be used as a supplement to the standard USN assessment.

【Key words】 Stroke; Unilateral spatial neglect; Eye-tracking; Dynamic task; Feasibility study; Kappa

脑卒中是全球第二大死亡原因以及主要的致残原因，也是国际广泛关注的公共卫生问题[1]。平均每3个脑卒中幸存者中就有一个被诊断为单侧空间忽略（Unilateral Spatial Neglect，USN）[2]，其中以右侧脑损伤患者更为多见。USN也可见于其他类型的脑损伤患者，其病因主要与空间信息处理和注意力控制相关的神经网络受损有关[3]。USN被定义为在没有其他感觉或运动功能障碍的情况下，患者不能对脑损伤对侧的各种环境刺激产生反应[4]。研究显示，约40%的USN患者会持续受到忽略症状的影响[5-6]。忽略症状会破坏患者基本的自理活动（如穿衣、梳洗）、损害姿势平衡[7-8]、干扰阅读能力[9-10]；USN还严重影响住院患者的康复过程，导致住院时间延长[11-13]，增加家庭负担[14]。多数USN患者在疾病初期没有意识到自身的症状或其可能导致的后果[15-17]，使得其不能及时寻求适当的治疗或学习补偿策略。USN给脑卒中幸存者及其家庭造成了深远的影响，客观评估确定USN的存在和严重程度，有助于指导多学科康复，以减轻或消除USN的不利影响[18]。

目前临床医生对识别USN和监测治疗后改善的方法仍未达成共识；对USN进行准确、全面地评估仍是临床一大挑战。临床对于USN多采用神经心理学评估，如基于纸笔的取消任务、线条二等分、阅读测试等[18]，凯瑟琳波哥量表（Catherine Bergego Scale，CBS）[19]等生态性评估作为相关评估手段进行康复评定。基于眼动追踪的技术正在被尝试作为新型的评估手段，在一项早期检测轻度认知障碍和阿尔茨海默病认知下降的研究显示，眼动追踪测试能有效区分正常受试者、阿尔茨海默病患者和轻度认知障碍患者的认知功能[20]。此外，眼动追踪技术也被用于USN的评估，BAHEUX等[21]和BROEREN等[22]使用眼动追踪装置监测静态任务中的忽略症状，参与者在虚拟环境（电脑）中进行线段二分测试，（线段、字母、星星）删除测试等，但基于静态任务的评估缺乏评估过程中的动态信息和生态有效性。Gomes Paiva等[23]使用可佩戴式眼动追踪眼镜研究患者在现实环境中步行情况，并探索左右侧目标刺激的时间来评估USN，然而大多数急性期以及亚急性期患者通常不具备现实环境步行的能力。

因此，本研究团队尝试探索在动态任务中使用眼动追踪技术以辅助筛查、评估亚急性期脑卒中患者的USN。动态任务允许患者在动态空间中自由探索以寻找目标刺激物，相比静态任务更具有现实意义，同时也增加了一定程度的认知需求[24]。此外，该范式基于眼动交互技术能便捷的对患者进行评估，单次动态任务仅耗时2 min，且可应用于因手部功能障碍而无法完成量表评定的人群，具体报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年9月至2022年7月在南充市中心医院康复医学科招募30例脑卒中后亚急性期住院患者为研究对象。纳入标准：（1）符合缺血性[25]或出血性[26]脑卒中的诊断标准，经电子计算机断层扫描（CT）或磁共振成像（MRI）证实存在脑出血或脑梗死；（2）年龄18~80岁；（3）处于脑卒中的亚急性期（发病后1~6个月）；（4）简易智力状态检查量表（Mini-mental State Examination，MMSE）得分≥10分，或能够配合治疗师完成试验；（5）视野完整或矫正后正常；（6）病情稳定，能在坐位下完成试验。排除标准：（1）有神经损伤或精神史；（2）严重的综合失语症并难以

遵循治疗师的指导；（3）严重的听力损失；（4）未签署知情同意书。

本研究已或南充市中心医院伦理委员会批准（伦理审批号：2021 年审 007 号），患者均对本研究知情同意。本研究已在中国临床试验注册中心注册（ChiCTR2100049482）。

1.2 方法 治疗师通过对比视野检查术（动态法）粗略测量周边视野。检查者和患者相对而坐，眼的高度在同一水平上，距离半米；检查右眼时，被检右眼与检查者左眼相互注视，并各遮盖另眼；检查者用手指置二人等距离处，自各个方向的周边向中心缓慢移动，如二人同时看到手指，一般属正常视野。

采用中文版简易智力状态检查量评估患者的认知水平[27]；收集患者的年龄、性别、惯用手、脑卒中后天数、脑损伤位置、认知水平等一般资料；惯用手通过爱丁堡惯用手调查表评估[28]。

纸笔测试是临床最常用的 USN 评估方法，行为不集中测试的常规分项（Behavior Inattention Test-Conventional Group，BIT-C）包含了多项纸笔测试内容；CBS 被推荐为最适合住院患者的 USN 评估方式[29]，因此，本研究团队选用这两种评估方式作为标准与基于眼追踪的动态任务评估结果进行比较。所有患者在 1 周内完成 BIT-C、CBS 以及基于眼动追踪的动态任务评估，研究人员记录患者的评估结果和患者在评估过程中的不良反应。

1.3 观察指标及评价

1.3.1 基于眼动追踪的动态任务评估 基于眼动追踪的动态任务评估是用高性能的眼动追踪装置（图 1，杭州极智医疗科技有限公司，型号:JZ-RZ-20US）进行眼动追踪分析。每个受试者坐在离设备 60 cm 的地方，双手分别握住两侧的扶手以便受试者在完成任务的过程中能保持姿势相对固定（若受试者一侧或双侧肢体无法进行抓握，则由其家属辅助以固定姿势），保证其上半身及头部不出现大幅度偏移。治疗师调整受试者的位置以便他们的眼睛可以被设备检测到(图 1)。在开始评估之前，受试者需要通过凝视显示器上的 3 个校准点（2 次）完成设备校准。显示器下的眼动追踪设备是基于瞳孔－角膜反射技术实现的,其具有精度高、非接触、无创等优点。屏幕的左右侧设定了 2 个兴趣区域（region of interest，ROI），该设备会自动提供一个左右侧屏幕的注视点(眼搜索和凝视）百分比值。研究者人为将屏幕分为 4 个区域（以屏幕上下边 1/4 点连线将其分为左内、左外、右内、右外，图 2），根据患者注视点的空间分布情况将患者分为：非 USN 患者（即注视点分布于 4 个区域）和 USN 患者（即注视点未分布于 4 个区域）。

认知康复训练与评估系统内的击落昆虫任务(两侧、



图 1 基于眼动追踪的动态任务评估设备

Figure 1 The device for conducting the dynamic eye-tracking task

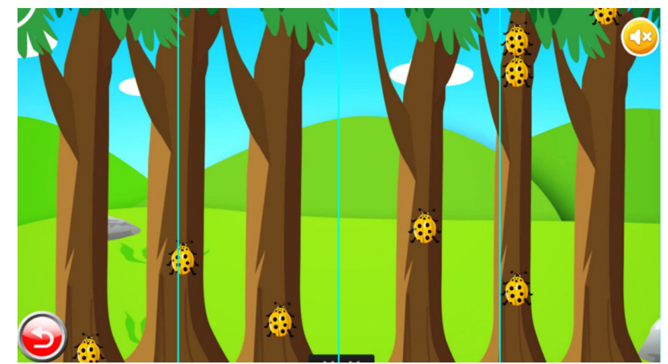


图 2 眼动追踪装置屏幕分区

Figure 2 Screen zones divided for conducting the dynamic eye-tracking task

简单等级）被选用作为动态任务，评估过程中电脑显示器的左右侧会随机出现自下而上移动的昆虫，受试者被告知搜寻显示器上的目标刺激（昆虫），通过凝视目标刺激将其击落，直至评估过程结束；评估过程共计 2 min。在正式评估之前治疗师为患者讲解相关要求和方法，患者有一次练习机会，练习过程在确认患者掌握方法即停止，而后正式开始评估。

由一名康复治疗师（DJ）完成所有患者基于眼动追踪的动态任务评估，康复治疗师不知道患者的临床评估结果。

1.3.2 临床量表评估 CBS 是一个生态性的 USN 评价工具，具有良好的可靠性和有效性[30]。该量表由 10 个项目组成，包括梳洗、穿衣、进食、嘴部清洁、注视方向、对肢体的意识、听觉注意、碰撞、空间定位、寻找物品；每个项目得分从 0 分（正常）到 3 分（严重的忽视）。CBS 得分 >0 分被诊断为 USN。忽略区分为 3

个等级：1~10 分（轻度忽略），11~20 分（中度忽略），21~30 分（严重忽略）。总分为各项平均得分乘以 10（除去不用适用项）。

BIT-C 包括广泛使用的纸笔测试[31]：（1）线段、字母和星星删除测试，（2）图形和形状抄写，（3）线段二等分，（4）代表性绘图；每项测试分数之和为 BIT-C 总分，总分 0~146 分，<129 分被诊断为 USN，分数越低表示忽略程度越严重。

在线段、字母和星星删除测试中，刺激目标呈现在一张 A4（210 mm × 297 mm）纸上，患者须尽可能划掉所有的线、字母 “E” 和 “R” 以及所有的小星星；该测试没有时间限制，被漏掉的目标数量会被记录。这些删除测试的最高分数分别为 36、40、54 分；分界值分别为 34、32、51 分。

在图形和形状抄写中，受试者须抄写 3 个图形（一个四角星、一个立方体、一朵花），以及 3 个由线条组成的图形，在一张 A4 纸上表示。最高分数为 4 分，分界值为 3 分。

在线条二等分中，三条 20 cm 的水平线呈现在一张 A4 纸上，患者被要求寻找空间分布的水平线，并尽可能准确地做出标记将每条线从中间一分为二。根据标记点与每条线的中点之间的距离，得分为 0~3 分（标记点偏离中心 <1 cm，得 3 分；1 cm ≤标记点偏离中心≤ 2 cm，得 2 分；2 cm< 标记点偏离中心≤ 3 cm，得 1 分；标记点偏离中心 >3 cm，得 0 分），最高分是 9 分，分界值为 7 分。

在代表性绘图中，患者应根据自己的记忆在一张 A4 纸上画出一个钟、一个人和一只蝴蝶。根据对称性，判断每幅画的得分（0 为不对称，1 为对称），最高分为 3 分，分界值为 2 分。

由一名专业的康复治疗师（XYL）完成临床评估，康复治疗师不知道患者基于眼动追踪的动态评估结果。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 25.0 统计软件对数据进行分析。使用 Shapiro-Wilk test 评估数据是否服从正态分布，若计量资料符合正态分布则以（$\bar{x} \pm s$）进行统计描述，否则用 M（P_{25}，P_{75}）表示。分析结局指标时，若计量资料符合正态分布，使用独立样本 t 检验，并采用配对 t 检验分析 USN 患者（非 USN 患者）各自左右侧注视点占比差异。若不符合正态分布，则使用 Mann-Whitney U 检验，并采用 Wilcoxon 符号秩检验评估分析 USN 患者（非 USN 患者）各自左右侧注视点占比差异。若符合正态分布，使用 Pearson 相关分析患者右侧注视点占比与 BIT-C 总分之间的关系，若不符合正态分布则使用 Spearman 秩相关分析。使用配对卡方检验 Cohen′s Kappa 一致性检验分析 BIT-C 组、CBS 组评估结果与基于眼动追踪的动态任务评估组结果之间的关系。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入研究对象结果 30 例亚急性脑卒中患者中男 19 例，女 11 例；年龄 34~78 岁，平均年龄（60.3 ± 11.5）岁；患者多为右利手（96.7%）；脑卒中后天数（69.2 ± 40.7）d；病灶位置：右侧半球 19 例，左侧半球 5 例，双侧半球 6 例；1 例受试者因运动性失语而无法完成 MMSE 评估，其余患者 MMSE 评分（23.9 ± 4.8）分。

2.2 基于眼动追踪的动态任务评估结果 基于眼动追踪的动态任务结果显示，30 例患者中有 14 例患者为左侧 USN 患者：3 例患者注视点仅分布在右外侧区域，8 例患者注视点分布在右内、外侧区域，3 例患者注视点分布在左内侧和右侧区域；余下 16 例患者为非 USN 患者，注视点皆分布在 4 个区域（表 1）。

USN 患者在右侧屏幕注视点占比高于非 UNS 患者，差异有统计学意义（$Z=-4.776$，$P<0.001$）；USN 患者左右侧屏幕间注视点占比比较，差异有统计学意义（$Z=-3.49$，$P<0.001$），见表 2。

2.3 临床量表评估结果 患者均完成了 BIT-C、CBS 评估。BIT-C 评估结果显示，15 例患者 BIT-C 总分 <129 分，被诊断为 USN 患者，余下 15 例为非 USN 患者。CBS 评估结果显示，16 例患者存在不同程度的 USN，其余 14 例为非 USN 患者（表 1）。

2.4 一致性检验及相关性分析 BIT-C 和基于眼动追踪的动态任务在评估 USN 患者的检出情况上高度一致（$Kappa=0.933$，$P<0.001$）。Spearman 秩相关结果分析显示，右侧注视点占比与 BIT-C 总分呈负相关（$r_s=-0.776$，$P<0.001$）。

CBS 和基于眼动追踪的动态任务在评估 USN 患者的检出情况上有较高的一致性（$Kappa=0.867$，$P<0.001$）。

2.5 安全性和耐受性 试验期间无任何不良反应发生，患者认为基于眼动追踪装置的动态任务新奇、有趣，接受度高。

3 讨论

USN 是脑卒中后常见的致残性疾病[32]，也可见于其他类型的脑损伤患者[33-34]。在视觉搜索任务中，USN 患者不仅表现出对视觉目标的遗漏，而且还表现出更普遍的搜索性能缺陷，如无系统的搜索模式和不规则的眼动模式[35-36]。本研究结果表明基于眼动追踪的动态任务在监测和康复指导亚急性期脑卒中患者的 USN 具有较大潜力。

临床上常用经典的纸笔测试对患者的忽略水平进行评估，这些简单的纸笔测试侧重于评估忽略患者搜索 / 删除静态刺激的能力，虽然其可以直接表达患者对一侧的目标搜索性能降低的忽略，但很少能获得患者如何动

表 1 患者 BIT-C、CBS、基于眼动追踪的动态任务评估结果
Table 1 Assessment results of BIT-C，CBS and the dynamic eye-tracking task

编号	病灶位置	BIT-C（分）							CBS（分）	基于眼动追踪的动态任务评估
		线段删除	字母删除	星星删除	图形抄写	线段二等分	代表性绘图	总分		
1	右侧额颞枕，岛叶及基底节区	18	9	19	0	0	0	46	12.00	USN
2	双侧半卵圆中心，基底节区	9	6	13	0	0	0	28	7.50	USN
3	右侧额颞顶叶区	12	8	6	0	1	0	27	26.25	USN
4	右侧额颞枕顶岛叶，基底节外囊区	30	28	40	2	5	1	106	6.70	USN
5	右侧额颞枕叶，岛叶	14	1	8	1	0	0	24	7.78	USN
6	双侧基底节区	15	19	17	1	8	0	60	8.89	USN
7	右侧额颞顶叶区	6	5	12	0	0	0	23	18.90	USN
8	右侧基底节区	15	5	15	1	4	0	41	28.30	USN
9	右侧基底节－外囊区	34	29	49	1	0	0	113	10.00	非 USN
10	右侧额颞顶叶区	18	29	19	0	0	0	66	3.30	USN
11	右顶叶、基底节区	17	10	19	0	1	0	47	8.75	USN
12	右侧基底节区	36	17	32	2	7	3	97	8.60	USN
13	右侧额颞顶叶区	18	12	23	1	3	0	57	15.00	USN
14	右侧额颞顶叶区	11	6	24	0	5	1	47	8.75	USN
15	右侧额颞顶叶、基底节区	18	9	24	0	0	0	51	15.00	USN
16	左侧颞叶－基底节，外囊区	36	37	53	4	9	2	141	0	非 USN
17	右侧颞叶、外囊－侧脑室旁	36	38	52	3	8	3	140	2.00	非 USN
18	左侧岛叶、额颞顶叶区	36	38	53	3	9	3	142	0	非 USN
19	脑桥右侧，左侧小脑半球及小脑蚓部	36	39	54	3	9	3	144	0	非 USN
20	右侧额顶叶，基底节－外囊区	36	40	52	4	9	2	143	0	非 USN
21	右侧额颞顶枕叶	36	39	52	3	9	3	142	0	非 USN
22	左侧脑干	36	39	54	3	9	3	144	0	非 USN
23	右侧额颞顶叶区	36	39	53	3	9	3	143	0	非 USN
24	右侧额颞顶叶区	36	39	53	3	9	3	143	0	非 USN
25	左侧侧脑室旁	36	38	54	4	8	3	143	0	非 USN
26	右侧脑室	36	40	54	3	9	2	144	0	非 USN
27	右侧基底节－外囊区	36	40	54	3	9	3	145	0	非 USN
28	左侧基底节区、侧脑旁室	36	37	54	4	8	3	142	0	非 USN
29	双侧顶枕叶、丘脑	36	38	52	4	9	3	142	0	非 USN
30	双侧额顶颞叶、半卵圆中心，侧脑室旁	36	36	53	4	9	3	141	0	非 USN

注：BIT-C= 行为不集中测试的常规分项，CBS= 凯瑟琳波哥量表，USN= 单侧空间忽略

表 2 基于眼动追踪动态任务评估的 USN 患者和非 USN 患者左右侧注视点占比比较〔M（P_{25}，P_{75}），%〕
Table 2 Comparison of the percentage of left and right lateral gaze points in USN patients and non-USN patients （during the dynamic eye-tracking task）

患者	例数	右侧注视点占比	左侧注视点占比	$Z_{配对}$值	P 值
USN 患者	14	100.0（98.2，100.0）	0（0，1.5）	-3.49	<0.001
非 USN 患者	16	52.5（43.0，56.0）	46.5（43.0，56.0）	0.648	0.527
Z 值		-4.776	-4.776		
P 值		<0.001	<0.001		

注：正态分布资料采用均数 ± 标准差描述，偏态分布资料采用中位数与四分位间距描述；USN= 单侧空间忽略

态扫描和探索的信息。眼动追踪装置可以实时记录动态任务的评估过程，并直观的展示眼球运动轨迹（眼搜索和凝视），使临床医生能够评估患者的视觉搜索方式，并分析诸如探索左右空间的时间或两侧注视点的数量等方面，以进一步指出与脑卒中后 USN 有关的重大空间困难。此外，相比静态任务，动态任务模拟了人类对环境动态方面的主动感知，提供了更多的现实意义[37]。有研究指出 USN 患者保留了提取低水平特征信息的能力，而复杂的搜索性能受到损害[38-39]，动态任务增加了一定程度的认知需求，可能更利于对 USN 患者进行鉴别。

既往研究结果显示，USN 患者倾向在脑损伤同侧空间进行重复性行为[40]，并表现出同侧注意偏向。在典型的视觉行为中，眼球运动和空间注意力密切相关[37]，

眼球运动（搜索和凝视）的空间偏向可能是 USN 的典型标志。在静态刺激的视觉搜索中，左侧 USN 患者很少发现在左外侧区域的目标[41]；本研究发现，这种视觉搜索的偏向也存在于动态任务中，在执行动态任务时左侧 USN 患者在左侧视觉空间的时间花费（注视占比）明显少于右侧，且与非 USN 患者在右侧注视占比存在明显差异（$Z=-4.766$，$P<0.001$）；并且注视分布的空间偏差与忽略的严重程度相关（以 BIT-C 的分数为指标）。有趣的是 1 例被 BIT-C 诊断为左侧 USN 但是症状较轻的患者（BIT-C 总分为 113 分）在基于眼动追踪的动态任务中表现出正常的注视点空间分布，这一结果提示随着 BIT-C 总分的增加，患者左右视野之间的注视分布可能逐渐发生变化。基于注视点的空间分布不能完全准确地诊断忽略程度较轻患者，但是整体诊断结果显示出与 BIT-C 较高的一致性。右侧注视占比与 BIT-C 总分也存在负相关关系，忽略程度较重的患者在右侧视野内有更多的注视，甚至仅局限于右外侧区域。

眼球自由移动的动态刺激范式相对于静态刺激表现出更多的生态有效性，因此本研究还分析了生态性评估结果与基于眼动追踪的动态任务评估结果的一致性。本研究采用 CBS 作为生态性评估方式，该量表具有较高的灵敏度，曾被 AZOUVI 等[30]建议作为住院患者 USN 最适宜的评估工具。本研究结果显示，CBS 与基于眼动追踪的动态任务评估对患者非否为 USN 具有较高的一致性，*Kappa* 值为 0.867。有 1 例患者在 CBS 评估中表现出对患侧肢体的忽略被诊断为轻度忽略的患者，但未被基于眼动追踪的动态任务和 BIT-C 检出。这一结果提示，基于视觉的单侧忽略评估和基于行为观察的单侧忽略评估结果可能存在分离，印证了 USN 是一种复杂的神经综合征，尚无单一的测试可以完全准确识别这种疾病[42]。

特定方向的眼球运动特性可以提供一种有效的方式来量化忽略症状。然而本研究作为一项初步研究，因而存在样本量较小的局限，有待扩大样本量进一步研究。此外本研究主要观察基于眼动追踪的动态任务在亚急性期脑卒中患者中的评估作用，对于急性期或慢性期脑卒中患者的灵敏度和可靠性方面还需要进一步研究。仅根据注视点的空间分布作为证据来判断患者是否为 USN 还略显薄弱，出现了轻度忽略的患者的漏诊，但考虑到本研究纳入的样本量较小，未对忽略严重程度进行分层分析，尚不能确定基于眼动追踪的动态任务对于轻度忽略患者的灵敏度。此外，在本研究中笔者使用了简单等级的动态任务，是否更高的难度等级（目标移动越快，同一时间目标数越多）的动态任务能够更敏感地检测轻度忽略的患者还有待进一步研究证实。未来研究可以继续探讨 USN 患者的眼动特征，提出更精准的判断标准。

作者贡献：杨宇轩提出研究选题思路，设计研究方案，撰写论文；张晗完善研究方案，指导论文撰写；杜娟负责研究过程的实施，协助论文撰写；王玲玲负责数据收集、整理、录入和统计学分析；谢玉磊负责研究过程的实施；尹开明负责患者的招募；张波监督研究过程，负责文章的质量和校审，对文章整体负责。所有作者确认论文终稿。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] GBD 2019 Stroke Collaborators. Global，regional，and national burden of stroke and its risk factors，1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. Lancet Neurol，2021，20（10）: 795-820. DOI: 10.1016/S1474-4422（21）00252-0.

[2] ESPOSITO E，SHEKHTMAN G，CHEN P. Prevalence of spatial neglect post-stroke: a systematic review [J]. Ann Phys Rehabil Med，2021，64（5）: 101459. DOI: 10.1016/j.rehab.2020.10.010.

[3] CORBETTA M，SHULMAN G L. Spatial neglect and attention networks [J]. Annu Rev Neurosci，2011，34: 569-599. DOI: 10.1146/annurev-neuro-061010-113731.

[4] HEILMAN K M，VALENSTEIN E，WATSON R T. Neglect and related disorders [J]. Semin Neurol，2000，20（4）: 463-470. DOI: 10.1055/s-2000-13179.

[5] NIJBOER T C W，KOLLEN B J，KWAKKEL G. Time course of visuospatial neglect early after stroke: a longitudinal cohort study [J]. Cortex，2013，49(8): 2021-2027. DOI: 10.1016/j.cortex.2012.11.006.

[6] RENGACHARY J，HE B J，SHULMAN G L，et al. A behavioral analysis of spatial neglect and its recovery after stroke [J]. Front Hum Neurosci，2011，5: 29. DOI: 10.3389/fnhum.2011.00029.

[7] NIJBOER T C，TEN BRINK A F，VAN DER STOEP N，et al. Neglecting posture: differences in balance impairments between peripersonal and extrapersonal neglect [J]. Neuroreport，2014，25（17）: 1381-1385. DOI: 10.1097/WNR.0000000000000277.

[8] VAN NES I J，VAN KESSEL M E，SCHILS F，et al. Is visuospatial hemineglect longitudinally associated with postural imbalance in the postacute phase of stroke? [J]. Neurorehabil Neural Repair，2009，23（8）: 819-824. DOI: 10.1177/1545968309336148.

[9] BOUKRINA O，CHEN P，BUDINOSKA T，et al. Exploratory examination of lexical and neuroanatomic correlates of neglect dyslexia [J]. Neuropsychology，2020，34（4）: 404-419. DOI: 10.1037/neu0000619.

[10] VALLAR G，BURANI C，ARDUINO L S. Neglect dyslexia: a review of the neuropsychological literature [J]. Exp Brain Res，2010，206（2）: 219-235. DOI: 10.1007/s00221-010-2386-0.

[11] DI MONACO M，SCHINTU S，DOTTA M，et al. Severity of unilateral spatial neglect is an independent predictor of functional outcome after acute inpatient rehabilitation in individuals with right hemispheric stroke [J]. Arch Phys Med Rehabil，2011，92（8）: 1250-1256. DOI: 10.1016/j.apmr.2011.03.018.

[12] CHEN P，HREHA K，KONG Y，et al. Impact of spatial neglect on stroke rehabilitation: evidence from the setting of an inpatient

rehabilitation facility [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96(8): 1458-1466. DOI: 10.1016/j.apmr.2015.03.019.

[13] TARVONEN-SCHRÖDER S, NIEMI T, KOIVISTO M. Comparison of functional recovery and outcome at discharge from subacute inpatient rehabilitation in patients with right or left stroke with and without contralateral spatial neglect [J]. J Rehabil Med, 2020, 52(6): jrm00071. DOI: 10.2340/16501977-2698.

[14] CHEN P, FYFFE D C, HREHA K. Informal caregivers' burden and stress in caring for stroke survivors with spatial neglect: an exploratory mixed-method study [J]. Top Stroke Rehabil, 2017, 24(1): 24-33. DOI: 10.1080/10749357.2016.1186373.

[15] CHEN P, TOGLIA J. Online and offline awareness deficits: Anosognosia for spatial neglect [J]. Rehabil Psychol, 2019, 64(1): 50-64. DOI: 10.1037/rep0000207.

[16] RONCHI R, BOLOGNINI N, GALLUCCI M, et al. (Un) awareness of unilateral spatial neglect: a quantitative evaluation of performance in visuo-spatial tasks [J]. Cortex, 2014, 61: 167-182. DOI: 10.1016/j.cortex.2014.10.004.

[17] VALLAR G, BOTTINI G, STERZI R. Anosognosia for left-sided motor and sensory deficits, motor neglect, and sensory hemiinattention: is there a relationship? [J]. Prog Brain Res, 2003, 142: 289-301. DOI: 10.1016/S0079-6123(03)42020-7.

[18] AZOUVI P, BARTOLOMEO P, BEIS J M, et al. A battery of tests for the quantitative assessment of unilateral neglect [J]. Restor Neurol Neurosci, 2006, 24(4/5/6): 273-285.

[19] AZOUVI P, OLIVIER S, DE MONTETY G, et al. Behavioral assessment of unilateral neglect: study of the psychometric properties of the Catherine Bergego Scale [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2003, 84(1): 51-57. DOI: 10.1053/apmr.2003.50062.

[20] TADOKORO K, YAMASHITA T, FUKUI Y, et al. Early detection of cognitive decline in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease with a novel eye tracking test [J]. J Neurol Sci, 2021, 427: 117529. DOI: 10.1016/j.jns.2021.117529.

[21] BAHEUX K, YOSHIZAWA M, YOSHIDA Y. Simulating hemispatial neglect with virtual reality [J]. J Neuroeng Rehabil, 2007, 4: 27. DOI: 10.1186/1743-0003-4-27.

[22] BROEREN J, SAMUELSSON H, STIBRANT-SUNNERHAGEN K, et al. Neglect assessment as an application of virtual reality [J]. Acta Neurol Scand, 2007, 116(3): 157-163. DOI: 10.1111/j.1600-0404.2007.00821.x.

[23] GOMES PAIVA A F, SORRENTINO G, BIGNAMI B, et al. Feasibility of assessing post-stroke neglect with eye-tracking glasses during a locomotion task [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2021, 64(5): 101436. DOI: 10.1016/j.rehab.2020.09.004.

[24] SPREIJ L A, TEN BRINK A F, VISSER-MEILY J M A, et al. Increasing cognitive demand in assessments of visuo-spatial neglect: testing the concepts of static and dynamic tests [J]. J Clin Exp Neuropsychol, 2020, 42(7): 675-689. DOI: 10.1080/13803395.2020.1798881.

[25] 中华医学会神经病学分会，中华医学会神经病学分会脑血管病学组，彭斌，等. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018 [J]. 中华神经科杂志，2018，51(9)：666-682.

[26] 中华医学会神经病学分会，中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南（2019）[J]. 中华神经科杂志，2019，52(12)：994-1005. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2019.12.003.

Chinese Society of Neurology, Chinese Stroke Society. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of acute intracerebral hemorrhage 2019 [J]. Chinese Journal of Neurology, 2019, 52(12): 994-1005. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2019.12.003.

[27] KATZMAN R, ZHANG M Y, OUANG-YA-QU, et al. A Chinese version of the Mini-Mental State Examination; impact of illiteracy in a Shanghai dementia survey [J]. J Clin Epidemiol, 1988, 41(10): 971-978. DOI: 10.1016/0895-4356(88)90034-0.

[28] The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory [J]. Neuropsychologia, 1971, 9(1): 97-113. DOI: 10.1016/0028-3932(71)90067-4.

[29] AZOUVI P. The ecological assessment of unilateral neglect [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2017, 60(3): 186-190. DOI: 10.1016/j.rehab.2015.12.005.

[30] AZOUVI P, SAMUEL C, LOUIS-DREYFUS A, et al. Sensitivity of clinical and behavioural tests of spatial neglect after right hemisphere stroke [J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2002, 73(2): 160-166. DOI: 10.1136/jnnp.73.2.160.

[31] WILSON B, COCKBURN J, HALLIGAN P. Behavioural inattention test [Z]. 1987.

[32] OSAWA A, MAESHIMA S. Unilateral spatial neglect due to stroke [M] //Stroke. Brisbane (AU): Exon Publications, 2021: 121-132. DOI: 10.36255/exonpublications.stroke.spatialneglect.2021.

[33] CHEN P, WARD I, KHAN U, et al. Spatial neglect hinders success of inpatient rehabilitation in individuals with traumatic brain injury: a retrospective study [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2016, 30(5): 451-460. DOI: 10.1177/1545968315604397.

[34] CHEN P, LANDER V, NOCE N, et al. Prism adaptation treatment for spatial neglect post brain tumour removal: a case report [J]. J Occup Ther, 2020, 33(1): 25-29. DOI: 10.1177/1569186120921472.

[35] BEHRMANN M, EBERT P, BLACK S E. Hemispatial neglect and visual search: a large scale analysis [J]. Cortex, 2004, 40(2): 247-263. DOI: 10.1016/s0010-9452(08)70120-5.

[36] SAMUELSSON H, HJELMQUIST E K, JENSEN C, et al. Search pattern in a verbally reported visual scanning test in patients showing spatial neglect [J]. J Int Neuropsychol Soc, 2002, 8(3): 382-394. DOI: 10.1017/s1355617702813194.

[37] WALLE K M, NORDVIK J E, BECKER F, et al. Unilateral neglect post stroke: eye movement frequencies indicate directional hypokinesia while fixation distributions suggest compensational mechanism [J]. Brain Behav, 2019, 9(1): e01170. DOI: 10.1002/brb3.1170.

[38] AGLIOTI S, SMANIA N, BARBIERI C, et al. Influence of stimulus salience and attentional demands on visual search patterns in hemispatial neglect [J]. Brain Cogn, 1997, 34(3): 388-403. DOI: 10.1006/brcg.1997.0915.

[39] ESTERMAN M, MCGLINCHEY-BERROTH R, MILBERG W. Preattentive and attentive visual search in individuals with hemispatial neglect [J]. Neuropsychology, 2000, 14(4): 599-

611. DOI: 10.1037//0894-4105.14.4.599.
[40] KAUFMANN B C，FREY J，PFLUGSHAUPT T，et al. The spatial distribution of perseverations in neglect patients during a nonverbal fluency task depends on the integrity of the right putamen [J]. Neuropsychologia，2018，115: 42-50. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2018.01.025.
[41] MACHNER B，KÖNEMUND I，VON DER GABLENTZ J，et al. The ipsilesional attention bias in right-hemisphere stroke patients as revealed by a realistic visual search task: Neuroanatomical correlates and functional relevance [J]. Neuropsychology，2018，32（7）: 850-865. DOI: 10.1037/neu0000493.
[42] BUXBAUM L J，FERRARO M K，VERAMONTI T，et al. Hemispatial neglect: subtypes，neuroanatomy，and disability [J]. Neurology，2004，62（5）: 749-756. DOI: 10.1212/01.wnl.0000113730.73031.f4.

（收稿日期：2022-12-02；修回日期：2023-03-01）
（本文编辑：毛亚敏）